

DAYA DUKUNG PERAIRAN UNTUK PENGEMBANGAN BUDIDAYA RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DI KABUPATEN LUWU DAN KOTA PALOPO, TELUK BONE, SULAWESI SELATAN

WATERS CARRYING CAPACITY FOR DEVELOPMENT OF SEAWEED CULTURE OF *Eucheuma cottonii* IN LUWU AND PALOPO DISTRICTS, BONE BAY, SOUTH SULAWESI

Waluyo^{1*}, Yonvitner², Etty Riani², dan Taslim Arifin³

¹Sekolah Pascasarjana, Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, FPIK-IPB, Bogor

*E-mail: waluyo_uyo@yahoo.com

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK-IPB, Bogor

³Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Balitbang, Jakarta

ABSTRACT

In seaweed *Eucheuma cottonii* cultures, a water carrying capacity is an important factor to optimize the seaweed culture. Carrying capacity can be determined by an ecological footprint production (EF_p) analysis. This research was conducted in May 2015 (1st transitional season) and September 2015 (2nd transitional season) in Luwu and Palopo districts, South Sulawesi. Map and land use were analyzed using GIS (Geographic Information Systems). The result showed that the ecological footprint production (EF_p) in Luwu waters was 67.88 ton/capita/year or equivalent to 235,823.93 tons/year. However, based on the analysis of the water availability for seaweed was 59,781.79 hectares, it can produce seaweed (biocapacity) for 1,437,779.60 tons/year and the number of farmers that allows for use the waters is 21,432 capita. The ecological footprint production (EF_p) in Palopo waters is 3.08 ton/capita/year, or equivalent to 4,589.99 tons/year. Water availability analysis is 1,771.41 hectares are able to produce seaweed (biocapacity) for 18,287.46 ton/year and the number of farmers that allows for use the waters is 635 farmers capita. The results comparison between biocapacity and ecological footprint, ecological status for Luwu and Palopo waters are still in sustainable use.

Keywords: seaweed cultivation, ecological footprint, waters carrying capacity

ABSTRAK

Dalam budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii*, daya dukung perairan (waters carrying capacity) sangat penting untuk mengetahui kapasitas optimum budidaya rumput laut pada suatu perairan. Pendekatan untuk menentukan daya dukung digunakan dengan analisis *ecological footprint production* (EF_p). Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2015 (musim peralihan 1) dan September 2015 (musim peralihan 2) di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo, Sulawesi Selatan. Pemetaan dan analisis kesesuaian lahan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak sistem informasi geografis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *ecological footprint produksi* (EF_p) di perairan Kabupaten Luwu adalah 67,88 ton/kapita/tahun atau setara dengan 235.823,93 ton/tahun. Sedangkan berdasarkan analisis ketersediaan perairan, dengan ketersediaan perairan seluas 59.781,79 hektar mampu memproduksi rumput laut (*biocapacity*) sebanyak 1.437.779,60 ton/tahun dengan daya dukung (*carrying capacity*) jumlah pembudidaya yang memungkinkan untuk memanfaatkan lahan sebanyak 21.432 kapita. *Ecological footprint produksi* (EF_p) di perairan Kota Palopo adalah 3,08 ton/kapita/tahun atau setara dengan 4.589,99 ton/tahun. Sedangkan berdasarkan analisis ketersediaan perairan adalah 1.771,41 hektar mampu untuk memproduksi rumput laut (*biocapacity*) sebanyak 18.287,46 ton/tahun dan daya dukung (*carrying capacity*) jumlah pembudidaya sebanyak 635 kapita. Berdasarkan hasil perbandingan antara *biocapacity* dan *ecological footprint*, maka status ekologi di perairan Kabupaten Luwu dan Kota Palopo masih dalam kondisi pemanfaatan yang berkelanjutan.

Kata kunci: budidaya rumput laut, ekologi *footprint*, daya dukung perairan

I. PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan komoditas unggulan di Provinsi Sulawesi Selatan, khususnya di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo. Berdasarkan Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Kabupaten Luwu dan DKP Kota Palopo tahun 2015, produksi rumput laut kering jenis *Eucheuma cottonii* sejak tahun 2010-2014 di kedua daerah tersebut setiap tahun terus mengalami peningkatan. Hasil produksi rumput laut di Kabupaten Luwu tahun 2010 dan 2014 sebesar 183.202,80 ton dan 356.385,50 ton dengan persentase kenaikan rata-rata tiap tahun sebesar 18,50% (DKP Kabupaten Luwu, 2015). Sedangkan produksi rumput laut di Kota Palopo tahun 2010 dan 2014 sebesar 2.227,04 ton dan 3.112,31 ton dengan persentase kenaikan rata-rata setiap tahun sebesar 40,38% (DKP Kota Palopo, 2015). Selain itu, luas lahan yang dimanfaatkan untuk areal budidaya rumput laut setiap tahun juga mengalami peningkatan, dimana luas lahan yang dimanfaatkan untuk budidaya rumput laut di Kabupaten Luwu tahun 2014 sebesar 10.469,24 hektar (DKP Kabupaten Luwu, 2015) dan di Kota Palopo sebesar 313,60 hektar (DKP Kota Palopo, 2015).

Berdasarkan data DKP Kabupaten Luwu (2015) rata-rata produktivitas rumput laut dari tahun 2008-2014 mencapai sebesar 24,05 ton/hektar/tahun. Adapun produktivitas rumput laut di Kota Palopo dari tahun 2008 – 2014 mencapai 10,32 ton/hektar/tahun (DKP Kota Palopo, 2015). Produktivitas perairan di Kabupaten Luwu sangat tinggi disebabkan diantaranya adalah lahan perairan budidaya yang luas dan jumlah pembudidaya rumput laut yang lebih banyak dibandingkan dengan di Kota Palopo. Rata – rata pembudidaya di Kabupaten Luwu pada tahun 2008-2014 mencapai 3.472 kapita, sedangkan di Kota Palopo hanya sebanyak 1.503 kapita.

Produktivitas rumput laut di perairan selain dipengaruhi oleh luasan lahan budidaya, juga sangat dipengaruhi oleh kualitas per-

airan. Sedangkan kualitas serta produktivitas perairan sangat dipengaruhi oleh seberapa besar masukan bahan organik dan anorganik yang berasal dari daratan yang masuk ke perairan melalui aliran sungai. Sebagai contoh perairan di Kecamatan Bua, Kabupaten Luwu, beban masukan utama adalah limbah domestik serta limbah dari pabrik kayu lapis (*plywood*) yang tepat berada di dekat Muara Sungai Bua. Sedangkan perairan di Kecamatan Ponrang, Kabupaten Luwu, beban utama perairan adalah limbah domestik serta limbah dari tambak yang berupa residu pupuk, pestisida, sisa pakan serta bahan organik lainnya. Adapun di perairan Kota Palopo, beban utama perairan adalah limbah dari kegiatan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Ponrap serta Pelabuhan Perikanan Indonesia (PPI). Dengan demikian, karakteristik masukan dari *run off* sangat mempengaruhi kualitas dan produktivitas perairan, yang selanjutnya akan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut.

Berdasarkan beberapa data tersebut di atas yang menunjukkan bahwa perairan di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo mempunyai potensi yang sangat besar untuk budidaya rumput laut, maka sangat diperlukan usaha pengelolaan secara terpadu sehingga akan dapat mempertahankan dan meningkatkan baik dari faktor produksi maupun kualitas rumput laut di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo. Salah satu cara yang dapat digunakan dalam pengelolaan secara terpadu usaha pemanfaatan perairan untuk budidaya rumput laut adalah dengan mengetahui seberapa besar daya dukung (*carrying capacity*) suatu perairan yang dapat mendukung usaha budidaya rumput laut. Daya dukung perairan diperlukan untuk menentukan kapasitas optimum budidaya rumput laut. Daya dukung (*carrying capacity*) pada penelitian ini mencakup berapa luas lahan perairan tersebut yang dapat dimanfaatkan secara optimal, berapa besar perairan tersebut dapat memproduksi rumput laut, serta berapa banyak sumberdaya manusia yang memungkinkan dapat memanfaatkan lahan yang tersedia. Dengan mengetahui tingkat pemanfaatan dan daya

dukung suatu perairan, maka akan dapat dijadikan landasan dalam pengelolaan suatu perairan sehingga tingkat pemanfaatan tidak melebihi daya dukung yang ada.

Mengetahui berapa besar daya dukung suatu perairan yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya rumput laut merupakan hal yang sangat penting untuk pengelolaan yang berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan dalam pengelolaan usaha budidaya rumput laut secara berkelanjutan pada penelitian ini adalah dengan analisis *ecological footprint* (EF). Pendekatan EF didasarkan pada tingkat pemanfaatan terhadap suatu sumberdaya dan produktivitas lahan (perairan) yang ada (*biocapacity/BC*) (Bastianoni *et al.*, 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung (*carrying capacity*) perairan untuk budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dengan pendekatan analisis *Ecological Footprint* (EF). Manfaat penelitian ini adalah diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu perencanaan dan pengelolaan budidaya rumput laut secara terpadu dan berkelanjutan, baik oleh Pemerintah, Pemerintah Daerah maupun *stakeholders* lainnya.

II. METODOLOGI

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan dua tahap, yaitu tahap 1 dilaksanakan pada bulan Mei 2015 (musim peralihan 1) dan tahap 2 pada bulan September 2015 (musim peralihan 2) di perairan pesisir Kabupaten Luwu dan Kota Palopo, Teluk Bone, Sulawesi Selatan. Pengambilan data primer dilakukan pada 18 titik stasiun. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

2.2. Data

Data primer perairan yang diambil dan dianalisis secara *in situ* meliputi suhu air laut, salinitas, pH, oksigen terlarut dan arus. Data suhu dan oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter, salinitas menggunakan

refraktometer, pH menggunakan pH meter dan arus menggunakan *current meter* dan dari data HyCom + NCODA bulan Mei dan Septetember 2015.

Data yang dianalisis di laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros, Sulawesi Selatan meliputi data *total suspended solid* (TSS), *chemical oxygen demand* (COD), nitrat, fosfat, amoniak, klorofil-a, serta logam berat Pb, Cd dan Hg. Semua contoh air untuk parameter perairan tersebut diambil menggunakan botol niskin pada kedalaman 2 meter.

Bahan *questionnaire* digunakan untuk mendapatkan data sosial dan ekonomi usaha budidaya rumput laut. *Questionnaire* tersebut dibagikan ke beberapa *stakeholders* diantaranya adalah Kepala Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP), kepala bidang, staf DKP Kabupaten Luwu dan Palopo, pengusaha rumput laut serta pembudidaya rumput laut, dengan total responden sebanyak 30 orang.

2.3. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui daya dukung perairan yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya rumput laut. Daya dukung perairan meliputi 3 komponen utama yang harus diketahui, yaitu: 1) berapa besar tingkat pemanfaatan perairan (dalam hal ini adalah *Ecological Footprint Produksi/EF_P*), 2) berapa besar ketersediaan perairan (*Biocapacity/BC*) yang mampu untuk mendukung kegiatan tersebut, serta, 3) berapa banyak jumlah sumberdaya manusia yang memungkinkan untuk memanfaatkan ketersediaan ruang perairan yang ada. Dengan membandingkan antara *Biocapacity* terhadap *Ecological Footprint* maka menghasilkan berapa besar daya dukung perairan.

2.3.1. Analisis Pemanfaatan Ruang Perairan

Analisis pemanfaatan ruang perairan pada penelitian ini adalah analisis *ecological footprint produksi* (EF_P) yang didasarkan pada tingkat produksi rumput laut terhadap jumlah pembudidaya, dengan persamaan se-

bagai berikut (Ewing *et al.*, 2010):

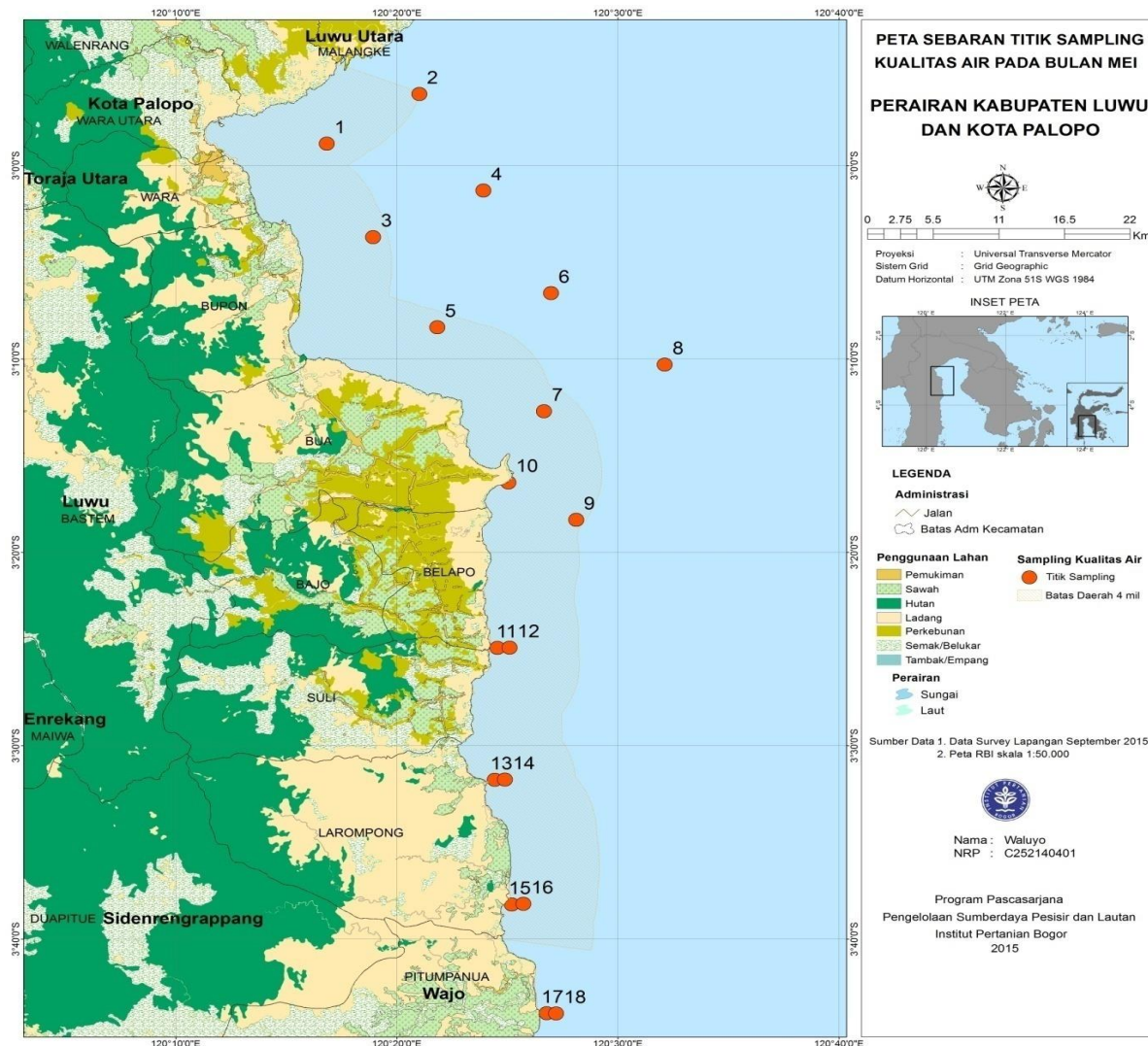
$$EF_p = \frac{P}{Y_N} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: EF_p : *Ecological Footprint*, Produksi rumput laut (ton/kapita), P : Produksi rumput laut (ton), Y_N : Jumlah Pembudidaya (kapita).

2.3.2. Analisis Ketersediaan Ruang Perairan

Analisis ketersediaan ruang perairan didasarkan pada kesesuaian perairan untuk mendukung budidaya rumput laut. Konsep ini berdasarkan pada parameter fisika, kimia dan biologi perairan yang secara ekologis

merupakan prasyarat kelayakan dalam budidaya rumput laut. Untuk itu digunakan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengetahui luas perairan yang sesuai untuk budidaya rumput laut. Penentuan tingkat kesesuaian menggunakan metode skoring dan pembobotan terhadap beberapa parameter dan menggunakan teknik *overlay* dari beberapa parameter yang ada. Kriteria yang digunakan dalam penyusunan matrik kesesuaian untuk menentukan kesesuaian lokasi budidaya rumput laut mengacu pada criteria yang telah disusun oleh beberapa sumber terkait seperti pada Tabel 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Tabel 1. Matrik kesesuaian untuk lokasi budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Parameter	Satuan	Kesesuaian			Nilai	Bobot	Skor	Sumber
		Sangat sesuai	Sesuai	Tidak sesuai				
Fosfat	mg/l	0,2 – 0,5	0,1 – 0,2 & 0,5 - 1	< 0,1 & > 1	-	-	-	Harrison (2001)
Nitrat	mg/l	0,9 – 3,2	0,1 - < 0,9 & 3,3 – 3,4	< 0,1 & > 3,4	-	-	-	Anonim (2002)
Amonia	mg/l	< 0,3	0.3-0.5	> 0.3	-	-	-	Aslan (1998)
Arus	m/s	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2 & 0,3 – 0,4	< 0,1 & > 0,4	-	-	-	Arianti <i>et al.</i> (2007)
Suhu	°C	24 – 30	20 - 24	< 20 & > 30	-	-	-	Setiyanto <i>et al.</i> (2008)
Salinitas	‰	30 – 32	22 – 30 & 32 - 34	< 22 & > 34	-	-	-	Gazali (2013)
pH		6,5 – 8,5	4 – 6,5 & 8,5 - 9	< 4 & > 9.5	-	-	-	Gazali (2013)
DO	mg/l	> 6	4 – 6	< 4	-	-	-	Dahuri (1998)
COD	mg/l	10 - 90	91 – 100	> 100	-	-	-	Aslan (1998)
Clorofil-a	mg/l	3,5 - 10	0,2 - < 3,5	< 0,2	-	-	-	Radiarta <i>et al.</i> (2003)
Kekeruhan	mg/l	≤ 10	< 10 - < 40	> 40	-	-	-	Adipu <i>et al.</i> (2013)
Kecerahan	m	> 3	1 - 3	< 1	-	-	-	Sulistiyowati (2003)
Total skor					-	-	-	

Parameter pada penelitian ini dikelompokkan ke dalam tiga kategori (kelas) yaitu yang memiliki kategori sangat sesuai (S1) diberi skor kelas (30), kategori sesuai (S2) diberi skor kelas 20, dan tidak sesuai (N) diberi skor kelas 10, serta setiap parameter diberikan bobot sesuai dengan tingkat pengaruh yang dominan. Selanjutnya untuk menyimpulkan tingkat kesesuaian perairan maka dilakukan penjumlahan nilai akhir seluruh parameter pada stasiun yang bersangkutan ($Y = \sum \text{Nilai bobot} \times \text{skor}$) (Prahasta, 2002).

Total skor dari hasil perkalian nilai parameter dengan bobotnya tersebut selanjutnya dipakai untuk menentukan kelas kesesuaian lahan budidaya rumput laut berdasar-

kan karakteristik kualitas perairan dengan perhitungan sebagai berikut (Prahasta, 2002):

$$Y = \sum a_i \cdot x_n \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : Y : nilai akhir, A_i : faktor pembobot, X_n : nilai tingkat kesesuaian lahan.

Nilai interval kelas berdasarkan Rauf (2007) sebagai berikut :

$$I = \frac{(\sum a_i X_n) - (\sum a_i X_n)_{\min}}{k} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan : I : interval kelas kesesuaian perairan, a_i : faktor pembobot, X_n : nilai tingkat kesesuaian perairan, k: jumlah kelas kesesuaian perairan yang diinginkan. Berdasarkan

kategori kelas kesesuaian budidaya rumput laut, maka digunakan untuk menghitung *biocapacity* dengan rumus sebagai berikut (Bala and Hossain, 2009):

$$Biocapacity = \frac{\text{Luas kesesuaian lahan} \times \text{faktor yield}}{\text{faktor yield}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: *Biocapacity*: Kemampuan, perairan yang tersedia untuk memproduksi rumput laut (ton), Luas: Luas lahan berdasarkan kesesuaian (hektar), Faktor *yield*: Produktivitas rumput laut lokal (ton/hektar/tahun).

2.3.3. Daya Dukung Perairan

Daya dukung perairan merupakan kemampuan sebuah sistem untuk mendukung kegiatan pada tingkat tertentu, dalam hal ini adalah kegiatan budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Untuk menghitung daya dukung perairan dengan membandingkan antara *biocapacity* (BC) dan *ecological footprint produksi* (EFP) dengan rumus berdasarkan Yonvitner *et al.* (2007) yaitu:

$$CC = \frac{BC}{EFP} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: CC: *Carrying Capacity* (kapita), BC: *Biocapacity* (ton), EFP: *Ecological Footprint Produksi* (ton/kapita).

Berdasarkan hasil perbandingan *biocapacity* dan *ecological footprint* dapat menentukan status ekologi. *Overshoot* ekologi apabila $BC < EF$, sedangkan *surplus* ekologi apabila $BC > EF$ (Rees, 1996), sehingga dapat mengetahui apakah pengelolaan tersebut berkelanjutan atau tidak.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rumput Laut Kabupaten Luwu dan Kota Palopo

Metode budidaya untuk rumput laut *Eucheuma cottonii* di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo menggunakan metode *long line* dan dilakukan dengan membentuk kelompok dengan jumlah anggota rata-rata 10 orang, serta ada yang dilakukan secara perorangan.

Rata-rata luas lahan yang dimiliki oleh setiap pembudidaya adalah 1 hektar, dengan jumlah rata-rata tali ris sebanyak 500 tali, dimana setiap tali ris memiliki panjang 25 meter. Jarak antar tali ris sekitar 80 cm dan jarak antar bibit rumput laut yang diikat adalah 10 cm. Dari 500 tali ris tersebut, 100 tali ris dipersiapkan untuk dijadikan bibit untuk ditanam pada periode tanam yang akan datang, sehingga jumlah tali ris rumput laut yang benar-benar untuk dipanen adalah 400 tali. Selain itu, berdasarkan informasi dari para pembudidaya bahwa untuk setiap taliris dengan panjang 25 meter akan menghasilkan produksi rumput laut kering sebanyak 5 kg, sehingga dengan total 400 tali ris akan menghasilkan panen rumput kering sebanyak 2.000 kg (2 ton rumput laut kering).

Waktu yang dibutuhkan 1 kali siklus budidaya sampai panen adalah 45 hari, sehingga dalam 1 tahun dapat panen rumput laut sebanyak 8 kali. Akan tetapi setelah panen dilakukan, terdapat waktu untuk persiapan penanaman kembali bibit rumput laut untuk siklus budidaya selanjutnya, sehingga rata-rata total waktu yang dibutuhkan untuk persiapan penanaman bibit rumput laut yang baru dalam setahun membutuhkan waktu sekitar 2 bulan. Dengan demikian, dalam 1 tahun para pembudidaya dapat panen sebanyak 6 kali, atau dapat memproduksi rumput laut kering sebanyak 12 ton/tahun. Pada bulan Mei dan September 2015, harga rumput laut kering *Eucheuma cottonii* di Kabupaten Luwu serta di Makassar adalah Rp. 10.500/kg. Dengan harga tersebut, maka pembudidaya dapat menghasilkan nilai produksi sebesar Rp. 126.000. 000/tahun.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil panen rumput kering dari pembudidaya dikumpulkan dan ditampung oleh pengusaha rumput laut (pengepul) di Dusun Pantai Bahari, Desa Raja, Kecamatan Bua, Kabupaten Luwu. Pengusaha tersebut mengirim rumput laut kering *Eucheuma cottonii* ke Kota Makassar sebanyak 2 kali dalam 1 minggu, dimana sekali pengiriman sebanyak kurang lebih 18 ton. Dengan demi-

kian dalam 1 minggu pengusaha pengirim rumput laut kering sebanyak 36 ton/minggu atau 144 ton/bulan.

3.2. Profil Sebaran Parameter Oseanografi

Suhu air laut merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan keberhasilan budidaya pada rumput laut *Eucheuma cottonii*. Hal ini disebabkan bahwa suhu air laut sangat mempengaruhi laju fotosintesis dan tingkat pertumbuhan, dimana laju fotosintesis maksimum pada kisaran suhu 24-30°C (Glenn *and* Doty, 1981), 23-30°C (Mairth *et al.*, 1995), 25-30°C (Ding *et al.*, 2013; Redmond, 2014) dan fotosintesis akan menurun pada kisaran suhu 35-40°C (Glenn *and* Doty, 1981; Mairth *et al.*, 1995), pertumbuhan menurun pada suhu dibawah 20°C (Mairth *et al.*, 1995). Berdasarkan hasil pengukuran bahwa rata-rata suhu pada musim peralihan 1 sebesar 30,30°C dengan simpangan baku 0,65°C dan musim peralihan 2 sebesar 28,08°C dengan simpangan baku sebesar 0,78°C. Dengan demikian kisaran suhu tersebut sangat sesuai untuk memaksimalkan laju fotosintesis serta pertumbuhan rumput laut.

Salinitas air laut sangat mempengaruhi kandungan karagenan serta pertumbuhan rumput laut *Eucheuma cottonii*. Berdasarkan Ding *et al.* (2013) menyatakan bahwa tingkat pertumbuhan tertinggi pada salinitas 25-30 ‰, sedangkan menurut Yong *et al.* (2013) salinitas yang optimum untuk pertumbuhan *Eucheuma cottonii* adalah 25-35 ‰. Sedangkan kandungan karagenan tertinggi pada salinitas 25 ‰ (Hayasi *et al.*, 2010). Berdasarkan hasil analisis di lapangan menunjukkan bahwa rata-rata salinitas pada musim peralihan 1 adalah 33,69 ‰ dengan simpangan baku 6,04 ‰ dan musim peralihan 2 sebesar 34,53 ‰ dengan simpangan baku 1,07 ‰. Berdasarkan Gazali (2013) menyatakan bahwa dengan rata-rata salinitas 33,69-34,53 ‰ sesuai untuk pertumbuhan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Nutrien adalah elemen yang sangat penting bagi alga, dimana apabila kekurangan nutrisi maka tidak mungkin alga akan tumbuh dan berkembang biak dengan optimal. Berdasarkan Hurd *et al.* (2014) menyatakan bahwa terdapat elemen nutrisi yang menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan rumput laut. Faktor pembatas yang paling utama adalah unsur nitrogen (N), selanjutnya adalah fosfor (P) serta zat besi (Fe). Akan tetapi pada penelitian ini hanya parameter nitrat dan fosfat sebagai unsur nutrisi. Secara umum sebaran nitrat pada musim peralihan 1 cenderung lebih tinggi daripada musim peralihan 2. Rata-rata konsentrasi nitrat pada musim peralihan 1 adalah 0,48 mg/l dengan simpangan baku 0,12 mg/l, sedangkan rata-rata pada musim peralihan 2 sebesar 0,20 mg/l dengan simpangan baku 0,22 mg/l. Nilai rata-rata fosfat pada musim peralihan 1 sebesar 0,06 mg/l dengan simpangan baku 0,07 mg/l dan peralihan 2 sebesar 0,13 mg/l dengan simpangan baku 0,02 mg/l.

Nilai pH memberikan gambaran apakah air termasuk dalam kategori asam (pH < 7) atau basa (pH > 7). Apabila nilai pH air laut cukup ekstrim maka dapat mempengaruhi fisiologi organisme, menyebabkan kematian pada organisme serta mempengaruhi toksisitas beberapa polutan seperti amoniak dan logam berat. Nilai pH air laut biasanya pada kisaran 7,5-8,5, sedangkan nilai pH yang sesuai untuk budidaya laut adalah berkisar antara 7,8-8,4 (Prema 2013). Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Tee *et al.* (2015) terhadap pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* dengan kondisi pH yang berbeda-beda, dengan asumsi parameter lainnya adalah konstan dan pada selang kepercayaan 0,05 menunjukkan bahwa pertumbuhan tertinggi pada pH 8,4 yaitu 3,57 cm/hari atau sekitar 0,34%/hari. Sedangkan pada pH basa yang ekstrim yaitu 9 menunjukkan pertumbuhan harian adalah 2,44 cm/hari atau sekitar 0,42 %/hari dan pada kondisi asam dengan pH 6 pertumbuhan harian mencapai 0,61 cm/hari atau sekitar 0,07 %/hari. Kondisi pH

yang optimum untuk pertumbuhan *K. alvarezii* menunjukkan bahwa pertumbuhan akan optimum pada kondisi perairan yang sedikit lebih basa (pH berkisar 7,5-8,0) (Yong *et al.*, 1990). Berdasarkan hasil analisis di lapangan, nilai pH pada musim peralihan 1 rata-rata sebesar 8,08 dengan simpangan baku 0,94 dan peralihan 2 sebesar 8,17 dengan simpangan baku 0,28. Dengan demikian pH perairan Kabupaten Luwu dan Kota Palopo sangat sesuai untuk *Eucheuma cottonii* (*Kappaphycus alvarezii*).

Pergerakan arus adalah faktor kunci yang mengontrol atau mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Hal ini memainkan peran penting dalam mencegah peningkatan pH (yang disebabkan oleh konsumsi karbon dioksida) serta berfungsi dalam memasok nutrisi di perairan. Kecepatan arus yang sesuai dan optimum untuk pertumbuhan rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah sekitar 20 cm/detik (Prema, 2013). Berdasarkan Hurd *et al.* (1996) menyatakan bahwa kecepatan arus juga akan mempengaruhi proses penyerapan nutrisi, dimana laju penyerapan maksimum pada kecepatan arus 0,04-0,06 meter/detik. Berdasarkan hasil analisis di lapangan, rata-rata kecepatan arus pada musim peralihan 1 sebesar 0,13 meter/detik dengan simpangan baku 0,03 meter/detik dan peralihan 2 sebesar 0,15 meter/detik dengan simpangan baku 0,05 meter/detik. Dengan demikian, dengan rata-rata kecepatan arus 0,13-0,15 meter/detik sesuai untuk rumput laut (Setiyanto *et al.*, 2008).

Berdasarkan hasil pengukuran oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) di perairan Kabupaten Luwu dan Kota Palopo pada musim peralihan 1 dan peralihan 2 mempunyai pola sebaran DO yang sama, dimana sebaran spasial konsentrasi DO menunjukkan bahwa kecenderungan perairan di Kota Palopo dan Luwu bagian utara memiliki konsentrasi DO yang lebih rendah dibandingkan di Luwu bagian selatan. Pada musim peralihan 1 rata-rata konsentrasi DO sebesar 6,30 mg/l dengan simpangan baku 0,38 mg/l, sedangkan pada musim peralihan 2 memiliki rata-

rata DO sebesar 6,34 mg/l dengan simpangan baku 0,47 mg/l. Dengan demikian rata-rata konsentrasi DO tersebut sangat sesuai untuk rumput laut (Dahuri, 1998).

Secara umum kondisi perairan pada musim peralihan 1 cenderung memiliki kekeruhan yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan musim peralihan 2. Musim peralihan 1 memiliki kekeruhan rata-rata sebesar 0,19 mg/l dengan simpangan baku 0,02 mg/l, sedangkan pada musim peralihan 2 kekeruhan rata-rata 54,86 mg/l dengan simpangan baku 29,45 mg/l. Berdasarkan kriteria kesesuaian lahan untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii*, maka pada musim peralihan 1 dengan rata-rata kekeruhan 0,19 mg/l sangat sesuai untuk budidaya rumput laut, akan tetapi pada musim peralihan 2 dengan rata-rata 54,86 mg/l tidak sesuai untuk budidaya rumput laut. Secara keseluruhan bahwa kondisi perairan di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo memiliki kekeruhan yang relatif rendah.

Rata-rata konsentrasi untuk *chemical oxygen demand* (COD) pada musim peralihan 1 sangat tinggi hingga mencapai 963,5 mg/l dengan simpangan baku 93,82 mg/l kemungkinan disebabkan terdapat bahan organik yang sangat sulit untuk diuraikan oleh bakteri di perairan. Berdasarkan KLH (1988) menjelaskan bahwa ambang batas maksimum COD di perairan adalah ≤ 40 mg/l.

Konsentrasi amoniak pada musim peralihan 1 dan musim peralihan 2 memiliki pola dan konsentrasi sebaran yang berbeda. Sebaran spasial amoniak pada musim peralihan 1 di Kecamatan Bua dan Belopa cenderung memiliki konsentrasi amoniak yang tinggi hingga menyebar sampai di luar batas 4 mill laut, dengan konsentrasi mencapai 0,24 mg/l. Begitu juga di Kecamatan Larompong dengan konsentrasi amoniak yang cukup tinggi mencapai 0,22 mg/l. Akan tetapi konsentrasi amoniak pada musim peralihan 2 secara umum cenderung lebih rendah dengan kisaran 0,01-0,02 mg/l. Berdasarkan kriteria kesesuaian parameter amoniak untuk budidaya rumput laut, maka dengan konsentrasi

0,01-0,24 mg/l baik pada musim peralihan 1 dan peralihan 2 sangat sesuai untuk budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*.

Klorofil-a di lokasi penelitian pada musim peralihan 1 dan musim peralihan 2 secara umum mempunyai pola dan konsentrasi yang hampir sama, akan tetapi terdapat lokasi dengan konsentrasi klorofil-a yang sangat tinggi dibandingkan dengan perairan sekitarnya, yaitu mencapai 8,7mg/l pada musim peralihan 1 di Kecamatan Ponrang Selatan. Rata-rata konsentrasi klorofil-a pada musim peralihan 1 sebesar 6,08 mg/l dengan simpangan baku 0,60 mg/l, sedangkan pada musim peralihan 2 sebesar 0,91 mg/l dengan simpangan baku 0,85 mg/l.

Hasil penelitian diketahui bahwa nilai terendah logam berat Pb adalah 0,137 mg/l dan tertinggi 0,233 mg/l dengan rata-rata 0,186 mg/l dan simpangan baku 0,03 mg/l. Nilai Pb tersebut termasuk sangat tinggi, sebab batas maksimum Pb yang aman bagi

organisme laut adalah 0,0085 mg/l (AMWQ, 2008; PHILMINAQ, 2006). Pada Rumput laut memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat memiliki dinding sel yang mengandung polisakarida, sehingga rumput laut disebut sebagai biofilter (Yulianto *et al.*, 2006). Konsentrasi Pb diserap oleh rumput laut *Eucheuma cottonii* sehingga semakin tinggi konsentrasi Pb di perairan maka besar konsentrasi Pb di jaringan rumput laut juga semakin tinggi. Dengan demikian apabila rumput laut dengan konsentrasi Pb yang tinggi dikonsumsi oleh manusia, maka dapat mempengaruhi kesehatan manusia tersebut. Hasil analisis konsentrasi Cd hanya terdeteksi 1 stasiun saja, dengan nilai 0,026 mg/l, dimana nilai tersebut masih dalam batas aman di perairan. Sedangkan nilai Hg tidak terdeteksi di perairan. Data parameter oseanografi di perairan Kabupaten Luwu dan Kota Palopo ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data parameter oseanografi di lokasi penelitian.

Parameter	Musim peralihan 1		Musim peralihan 2		Baku mutu	Sumber
	Rata-rata	Simpangan baku	Rata-rata	Simpangan baku		
Suhu (°C)	30,30	0,65	28,08	0,78	24-30	Glenn and Doty (1981)
Salinitas (‰)	33,69	6,04	34,53	1,07	25-35	Yong <i>et al.</i> (2013); Ding <i>et al.</i> (2013); Hayasi <i>et al.</i> (2010)
pH	7,42	0,94	8,17	0,28	7,8-8,4	Prema (2013)
Arus (m/s)	0,13	0,03	0,15	0,05	0,04-0,06	Hurd <i>et al.</i> (1996)
DO (mg/l)	6,30	0,38	6,34	0,47	>5	PHILMINAQ (2006)
COD (mg/l)	963,5	93,82	23,57	7,31	≤40	KLH (1988)
TSS (mg/l)	0,19	0,02	54,86	29,45	<10	PHILMINAQ (2006)
Nitrat (mg/l)	0,48	0,12	0,20	0,22	0,9-3,2	Anonim (2002)
Fosfat (mg/l)	0,05	0,07	0,13	0,02	0,2-0,5	Harrison (2001)
Amoniak (mg/l)	0,18	0,03	0,01	0,01	<0,3	Aslan (1998)
Clorofil-a (mg/l)	6,08	0,60	0,90	0,85	Tidak blooming	KLH (1988)
Pb (mg/l)			0,186	0,03	<0,0085 ³	AMWQ (2008)
Cd (mg/l)					<0,01 ³	AMWQ (2008)
Hg (mg/l)			tt ¹		0,00016 ³	AMWQ (2008)

¹tt = tidak terdeteksi, ² standar untuk rumput laut *Eucheuma cottonii*, ³standar untuk biota laut

3.3. Kesesuaian Perairan pada Rumput Laut

Menentukan kesesuaian perairan di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo untuk budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*, maka dilakukan *overlay* dari beberapa parameter oseanografi. Akan tetapi sebelum melakukan *overlay*, terlebih dahulu

dilakukan skoring dan pembobotan dari setiap parameter tersebut untuk setiap kriteria kesesuaian. Selanjutnya dilakukan *overlay* dari setiap parameter tersebut untuk mendapatkan peta kesesuaian perairan dengan menggunakan *software* ArcGIS versi 10. Data skoring dan pembobotan kesesuaian rumput laut ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Matrik kesesuaian rumput laut *Eucheuma cottonii*.

No	Parameter	Satuan	Kesesuaian	Kisaran	Skor ¹	Bobot (%) ²	Nilai total
1	Fosfat (Harrison, 2001)	mg/l	S1	0,2 – 0,5	30	14	420
			S2	0,1 – 0,2 & 0,5 - 1	20		280
			N	< 0,1 & > 1	10		140
2	Nitrat (Anonim, 2002)	mg/l	S1	0,9 – 3,2	30	14	420
			S2	0,1- < 0,9 & 3,3 – 3,4	20		280
			N	< 0,1 & > 3,4	10		140
3	Amoniak (Aslan, 1998)	mg/l	S1	< 0,3	30	5	150
			S2	0,3 – 0,5	20		100
			N	> 0,5	10		50
3	Arus (Arianti <i>et al.</i> , 2007)	m/s	S1	0,2 – 0,3	30	10	300
			S2	0,1 – 0,2 & 0,3 – 0,4	20		200
			N	< 0,1 & > 0,4	10		100
4	Suhu (Setiyanto <i>et al.</i> , 2008)	°C	S1	24 - 30	30	8	240
			S2	20 - 24	20		160
			N	< 20 & > 30	10		80
5	Salinitas (Gazali, 2013)	‰	S1	30-32	30	13	390
			S2	22-30 & 32-34	20		260
			N	< 22 & > 34	10		130
6	pH (Gazali, 2013)		S1	6,5 – 8,5	30	8	240
			S2	4 – 6,5 & 8,5 – 9,5	20		160
			N	< 4 & > 9,5	10		80
7	DO (Dahuri, 1998)	mg/l	S1	> 6	30	5	150
			S2	4 - 6	20		100
			N	< 4	10		50
8	COD (Aslan, 1998)	mg/l	S1	10 - 90	30	5	150
			S2	91 - 100	20		100
			N	> 100	10		50
9	Clorofil-a (Radiarta <i>et al.</i> , 2003)	mg/l	S1	3,5 - 10	30	5	150
			S2	0,2 - < 3,5	20		100

No	Parameter	Satuan	Kesesuaian	Kisaran	Skor ¹	Bobot (%) ²	Nilai total
10	Kekeruhan (Adipu <i>et al.</i> , 2013)	mg/l	N	< 0,2	10	8	50
			S1	≤ 10	30		240
			S2	< 10 - < 40	20		160
11	Jarak dari pantai (Sulistiyowati, 2003)	m	N	> 40	10	5	80
			S1	150 - 1500	30		150
			S2	1200 - 2000	20		100
			N	> 2000	10		50
Total						100	

¹Skor berdasarkan Prahasta (2002).

²Bobot berdasarkan pertimbangan pengaruh variable dominan.

3.3.1. Kesesuaian Perairan Musim Peralihan Satu

Kesesuaian perairan pada musim peralihan 1 di Kabupaten Luwu dengan kategori sangat sesuai (S1) seluas 23.661,16 hektar, kategori sesuai (S2) 24.217,03 hektar dan tidak sesuai (N) 21.712,43 hektar. Apabila dengan asumsi kategori sangat sesuai (S1) dan sesuai (S2) digabungkan menjadi perairan yang layak dan sesuai untuk rumput laut, maka total luas yang sesuai adalah 47.878,19 hektar. Selain itu, berdasarkan lokasi rencana Daerah Perlindungan Laut (DPL) di Kabupaten Luwu dengan luas 280,48 hektar, dimana DPL tersebut masuk di dalam wilayah dengan kategori sesuai (S2), maka luas sangat sesuai tetap yaitu 23.661,16 hektar, sesuai menjadi 23.936,55 hektar, sehingga total luasan yang layak dan sesuai setelah dikurangi luasan DPL menjadi 47.597,71 hektar.

Luas kesesuaian perairan di Kota Palopo pada musim peralihan 1 dengan kategori sangat sesuai (S1) adalah 1.475,49 hektar, kategori sesuai (S2) 3.973,11 hektar serta kategori tidak sesuai (N) 3.264,15 hektar. Apabila dengan asumsi kategori sangat sesuai (S1) dan kategori sesuai (S2) digabungkan menjadi perairan yang layak dan sesuai untuk budidaya rumput laut, maka total luasan yang sesuai di Kota Palopo adalah 5.448,60 hektar.

Berdasarkan hasil analisis kesesuaian perairan pada musim peralihan 1, secara umum perairan Kota Palopo terdapat lokasi yang sesuai khususnya di sekitar dekat pantai, sedangkan perairan Kabupaten Luwu di Kecamatan Bua dan Ponrang Selatan sangat sesuai untuk budidaya rumput laut. Akan tetapi di Kecamatan Larompong secara umum tidak sesuai untuk budidaya rumput laut.

3.3.2. Kesesuaian Perairan Musim Peralihan Dua

Kesesuaian perairan pada musim peralihan 2 di Kabupaten Luwu dengan kategori sangat sesuai (S1) seluas 16.124,54 hektar, kategori sesuai (S2) 36.360,92 hektar dan tidak sesuai (N) 17.105,16 hektar. Apabila dengan asumsi kategori sangat sesuai (S1) dan sesuai (S2) digabungkan menjadi perairan yang layak dan sesuai untuk rumput laut, maka total luas yang sesuai adalah 52.485,46 hektar. Selain itu, berdasarkan lokasi rencana DPL di Kabupaten Luwu dengan luas 280,48 hektar, dimana DPL tersebut masuk di dalam wilayah dengan kategori sesuai (S2), maka luas kategori sangat sesuai tetap yaitu 16.124,54 hektar, kategori sesuai menjadi 36.080,44 hektar, sehingga total luasan yang layak dan sesuai setelah dikurangi luasan DPL menjadi 52.204,98 hektar.

Luas kesesuaian perairan di Kota Palopo pada musim peralihan 2 dengan kategori

sangat sesuai (S1) adalah 0 hektar, kategori sesuai (S2) 0,1608 hektar serta kategori tidak sesuai (N) 8.712,58 hektar. Apabila dengan asumsi kategori sangat sesuai (S1) dan kategori sesuai (S2) digabungkan menjadi perairan yang layak dan sesuai untuk budidaya rumput laut, maka total luasan yang sesuai di Kota Palopo adalah 8.712,58 hektar.

Hasil analisis kesesuaian perairan pada musim peralihan 2, secara umum perairan Kota Palopo tidak sesuai untuk budidaya rumput laut. Sedangkan perairan di Kabupaten Luwu terdapat lokasi dengan kategori sangat sesuai (S1) dan sesuai (S2), akan tetapi sebagian besar didominasi dengan kategori sesuai (S2). Kecamatan di Kabupaten Luwu yang secara umum sesuai untuk rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah Kecamatan Bua dan Belopa, sedangkan yang sangat sesuai adalah di Kecamatan Larompong. Hal ini sesuai dengan data DKP Kabupaten Luwu (2011) tentang lokasi unggulan budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* yang menyatakan bahwa lokasi unggulan budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* berada di perairan pesisir Kecamatan Belopa Utara, Larompong Selatan dan Bua.

3.3.4. Kesesuaian Perairan Total Dua Musim

Lebih mencerminkan dan menggambarkan kesesuaian perairan untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* selama 1 tahun, yang merupakan representatif gabungan dari musim peralihan 1 dan peralihan 2, maka dilakukan *overlay* peta kesesuaian dari 2 musim tersebut. Hal ini dilakukan agar dapat dijadikan dasar dalam membuat kebijakan baik oleh Pemerintah Daerah dan atau *stakeholder* terkait dalam menentukan lokasi yang benar-benar aman dan sangat sesuai untuk budidaya rumput laut. Beberapa alasan pertimbangan dalam membuat kebijakan penentuan lokasi yang sesuai untuk budidaya rumput laut diantaranya adalah bahwa apabila masyarakat pembudidaya rumput laut mampu untuk melakukan adaptasi terhadap perubahan musim yang diikuti

dengan perubahan lokasi dan kesesuaian lahan budidaya, maka masyarakat pembudidaya bisa melakukan budidaya pada lokasi yang sangat sesuai dan sesuai untuk setiap musim tersebut. Akan tetapi apabila masyarakat pembudidaya tidak mampu untuk melakukan adaptasi terhadap perubahan musim, maka pembudidaya disarankan untuk memilih lokasi yang benar-benar aman dan sangat sesuai untuk budidaya rumput laut yaitu lokasi kesesuaian gabungan dari musim peralihan 1 dan peralihan 2.

Berdasarkan hasil analisis gabungan kesesuaian dari musim peralihan 1 dan peralihan 2, maka dihasilkan peta kesesuaian yang mencerminkan representatif kesesuaian dalam 1 tahun. Berdasarkan hasil dari analisis menunjukkan bahwa secara umum perairan di Kota Palopo dan sebagian besar perairan Luwu bagian utara tidak sesuai untuk budidaya rumput laut. Sedangkan di perairan Kabupaten Luwu bagian selatan secara umum sesuai untuk budidaya rumput laut, tetapi khusus di Kecamatan Ponrang Selatan sangat sesuai untuk budidaya rumput laut. Luas perairan di Kabupaten Luwu dengan kategori sangat sesuai (S1) adalah 13.618,85 hektar, kategori sesuai (S2) 46.882,26 hektar dan kategori tidak sesuai (N) adalah 9.089,49 hektar. Apabila dengan asumsi kategori sangat sesuai (S1) dan sesuai (S2) digabungkan menjadi perairan yang layak dan sesuai untuk rumput laut, maka total luas yang sesuai adalah 60.501,11 hektar. Selain itu, berdasarkan lokasi rencana DPL di Kabupaten Luwu dengan luas 280,48 hektar, dimana DPL tersebut masuk di dalam wilayah dengan kategori sesuai (S2), maka luas kategori sangat sesuai tetap yaitu 13.618,85 hektar, kategori sesuai menjadi 46.162,94 hektar, sehingga total luasan yang layak dan sesuai setelah dikurangi luasan DPL menjadi 59.781,79 hektar.

Luas perairan di Kota Palopo dengan kategori sangat sesuai (S1) adalah 0 hektar, kategori sesuai (S2) adalah 1.771,41 hektar dan tidak sesuai (N) 6.941,33 hektar. Apabila dengan asumsi kategori sangat sesuai (S1)

dan sesuai (S2) digabungkan menjadi perairan yang layak dan sesuai untuk rumput laut, maka total luas yang sesuai adalah 1.771,41 hektar. Data hasil kesesuaian perairan disajikan pada Tabel 4, dan Tabel 5, serta Gambar 2 dan Gambar 3.

3.4. Pemanfaatan Ruang Perairan

Analisis pemanfaatan ruang perairan untuk budidaya rumput laut di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo dilakukan dengan pendekatan *Ecological Footprint*. Analisis *Ecological Footprint* (EF) adalah analisis yang menyatakan suatu daerah ekologis yang produktif untuk memberikan sumber daya laut sebagai pasokan konsumsi bagi penduduk di daerah yang bersangkutan (Adrianto, 2010).

Produksi rumput laut pada *Eucheuma cottonii* di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo

mulai tahun 2008-2014 cenderung mengalami peningkatan, akan tetapi jumlah nelayan pembudidaya di kedua daerah tersebut menunjukkan *trend* yang tidak sama. Jumlah pembudidaya Kabupaten Luwu setiap tahun mengalami peningkatan, akan tetapi di Kota Palopo cenderung mengalami penurunan. Berdasarkan data produksi dan jumlah pembudidaya, maka akan dapat dihitung EF_P masing-masing daerah tersebut.

Nilai EF_P rumput laut di Kabupaten Luwu menunjukkan bahwa perairan dengan rata-rata luas pemanfaatan eksisting 9.709,24 hektar dan dimanfaatkan oleh pembudidaya rumput laut sebanyak 3.472 kapita, maka perairan tersebut mampu menghasilkan produksi rumput laut (EF_P) sebanyak 67,8883 ton/kapita/tahun. Demikian juga dengan EF_P di Kota Palopo dengan luas lahan rata-rata sebesar 438,61 hektar dan dimanfaatkan oleh

Tabel 4. Kesesuaian ruang perairan untuk rumput laut *Eucheuma cottonii*.

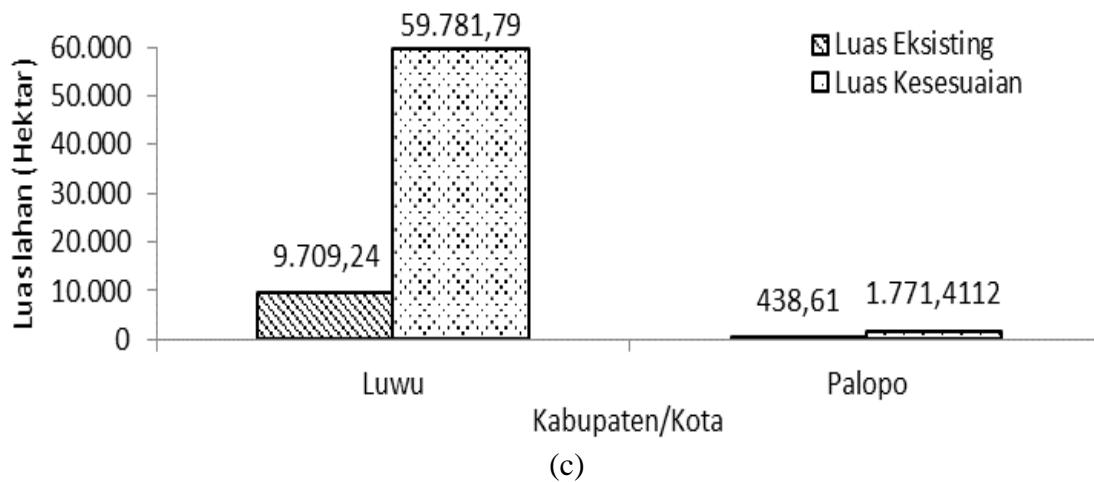
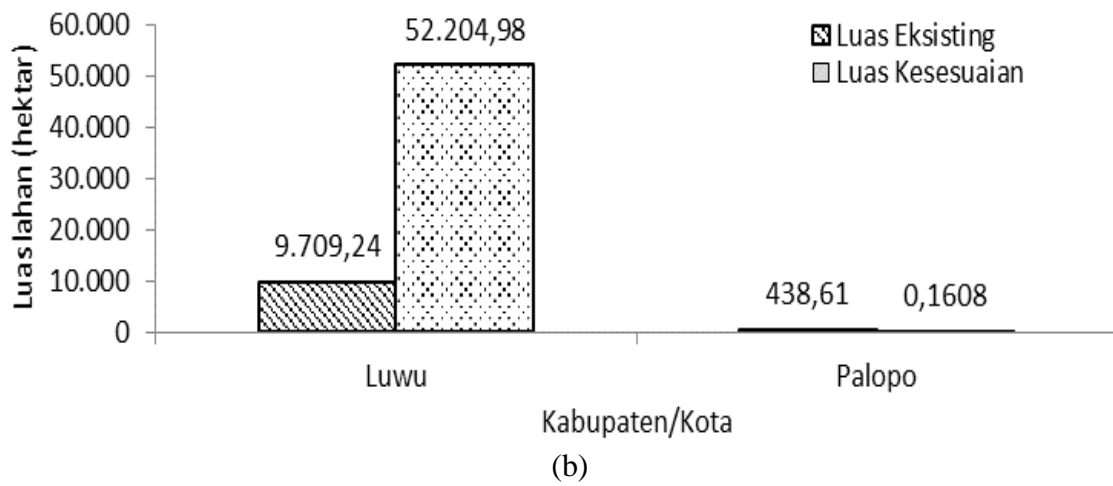
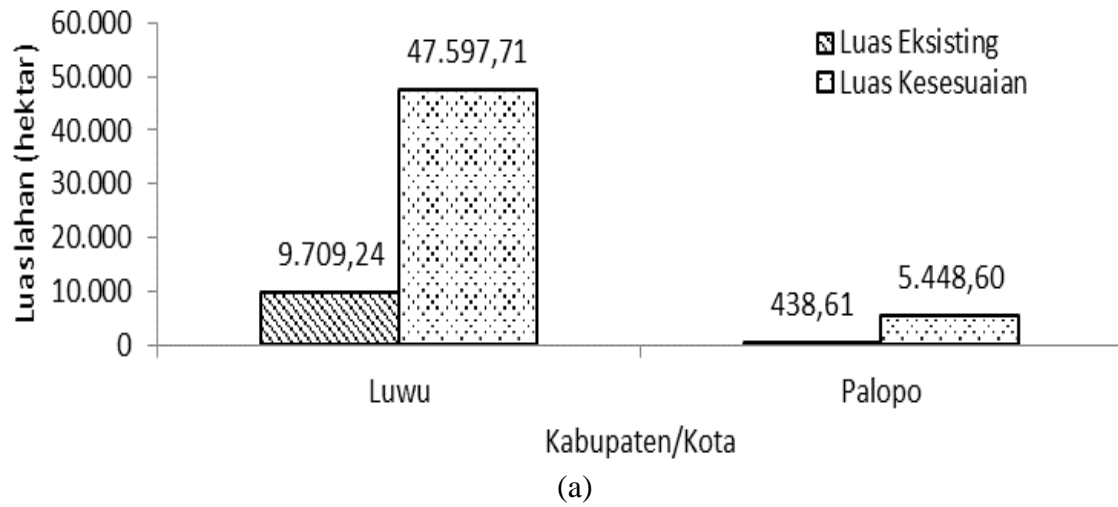
No	Kriteria	Luas Lahan (Ha)			
		Kab. Luwu		Kota Palopo	
		Musim peralihan 1	Musim peralihan 2	Musim peralihan 1	Musim peralihan 2
1	Sangat sesuai (S1)	23.661,16 23.661,16 ¹	16.124,54 16.124,54 ¹	1.475,49	-
2	Sesuai (S2)	24.217,03 23.936,55 ¹	36.360,92 36.080,44 ¹	3.973,11	0,1608
3	Tidak sesuai (N)	21.712,43 21.712,43 ¹	17.105,16 17.105,16 ¹	3.264,15	8,712,58
Total (S1+S2)		47.878,19 47.597,71 ¹	52.485,46 52.204,98 ¹	5.448,60	0,1608

¹Luas lahan setelah dikurangi DPL (Luas DPL = 280,48 ha).

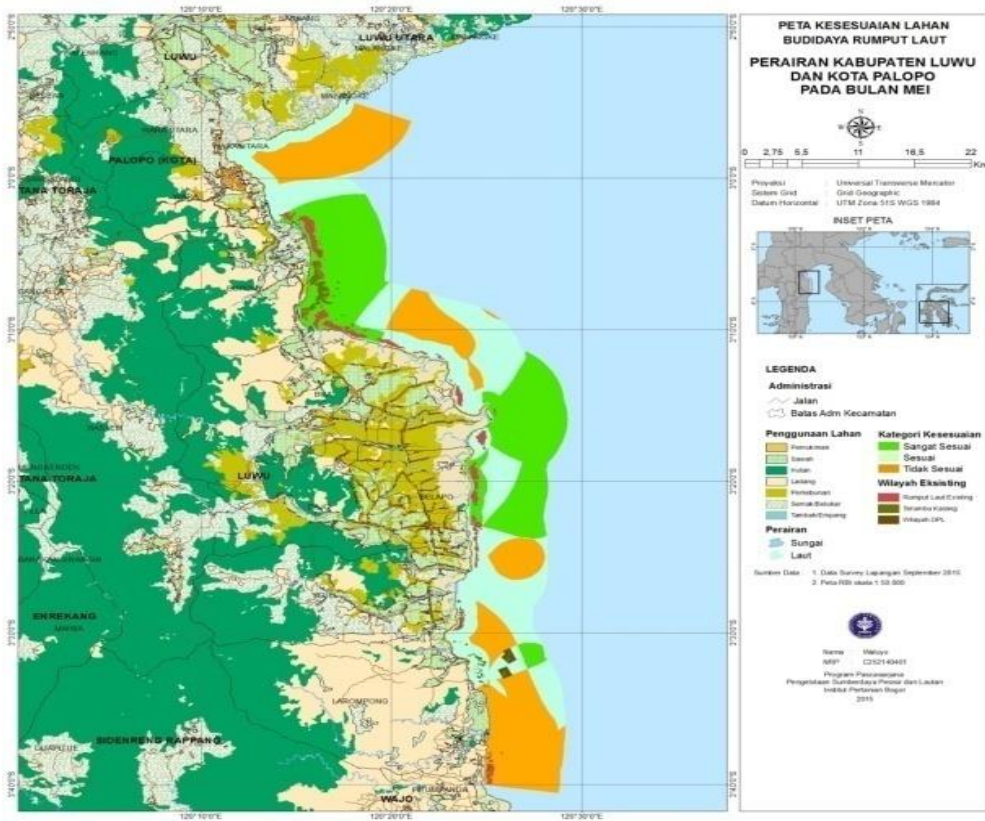
Tabel 5. Kesesuaian perairan total 2 musim di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo.

No	Kriteria	Luas Lahan Perairan (Ha)		
		Kab. Luwu		Kota Palopo
		Luas awal	Luas dikurangi DPL ¹	Luas
1	Sangat sesuai (S1)	13.618,85	13.618,85	-
2	Sesuai (S2)	46.882,26	46.162,94	1.771,41
3	Tidak sesuai (N)	9.089,49	9.089,49	6.941,33
Total (S1+S2)		60.501,11	59.781,79	1.771,41

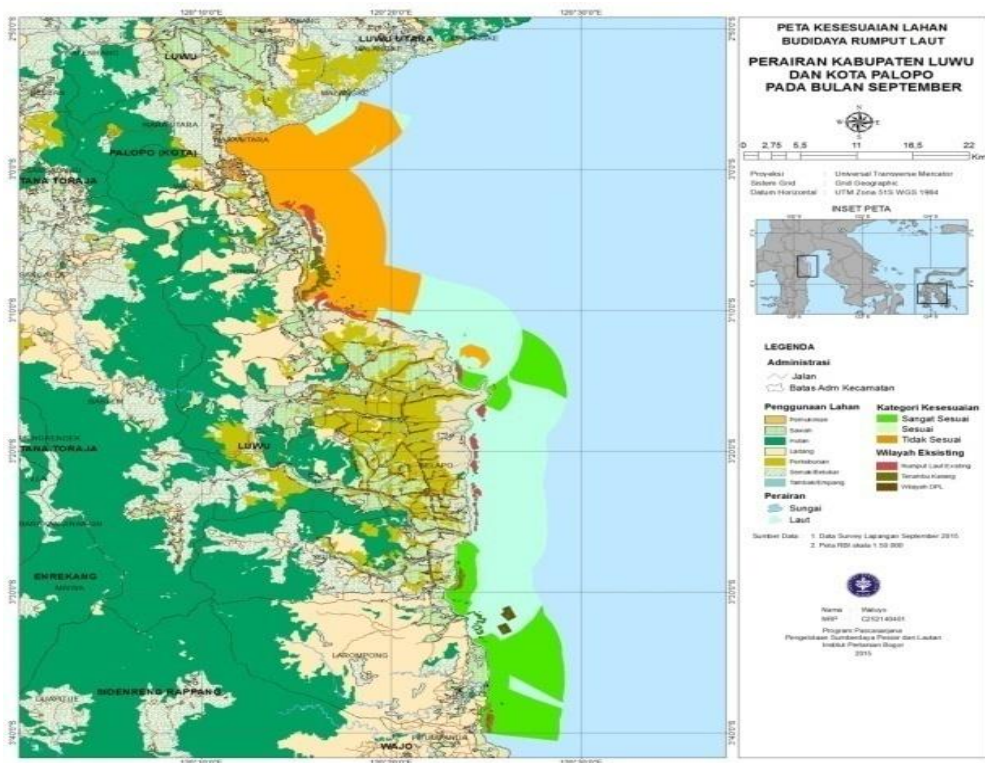
¹Luas DPL = 280,48 ha.



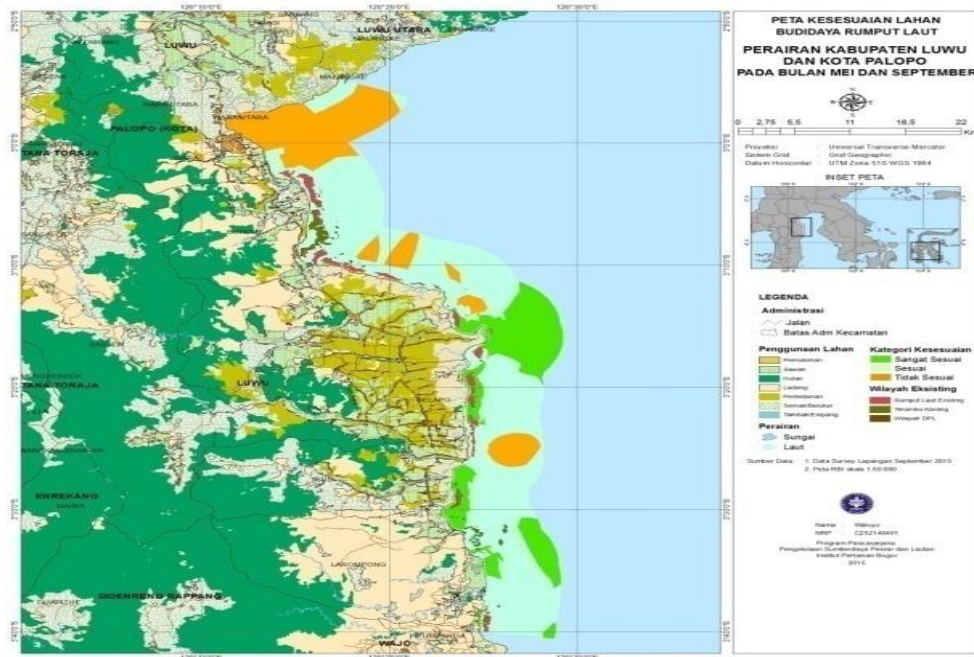
Gambar 2. Perbandingan luas lahan perairan eksisting dengan luas kesesuaian lahan (a. musim peralihan 1, b. musim peralihan 2, c. total dua musim).



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Luas kesesuaian lahan (a. musim peralihan 1, b. musim peralihan 2, c. total dua musim).

Pembudidaya rumput laut sebanyak 1.503 kapita, perairan tersebut menghasilkan rumput laut (EF_P) sebanyak 3,0876 ton/kapita/tahun. Nilai EF_P di Kabupaten Luwu lebih tinggi dibandingkan dengan di Kota Palopo disebabkan tingkat produksi yang tinggi serta lahan budidaya yang lebih luas. Dengan lahan yang lebih luas mempunyai peluang dan potensi menghasilkan produksi rumput laut yang lebih banyak. Hasil analisis EF_P di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 4.

3.5. Ketersediaan Ruang Perairan

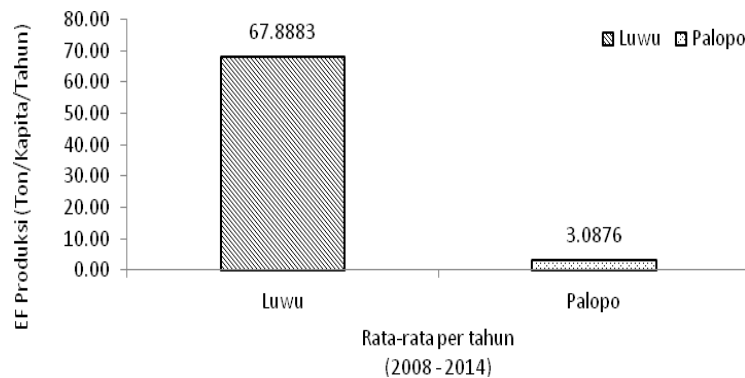
Ketersediaan ruang perairan untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo akan menggambarkan 2 komponen utama, yaitu 1) berapa luas keseluruhan suatu perairan tersebut yang mampu untuk mendukung budidaya rumput laut, serta, 2) seberapa besar produk rumput laut yang bisa dicapai (dengan asumsi pemakaian keseluruhan terhadap ketersediaan lahan yang ada). Analisis ketersediaan ruang perairan pada penelitian ini dibatasi

hanya untuk peruntukkan budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*, sehingga tidak menganalisis peruntukkan pemanfaatan kegiatan lainnya dan dihubungkan dengan rencana zonasi.

Analisis *biocapacity* didasarkan pada kesesuaian perairan yang mendukung budi daya rumput laut. Untuk mengetahui kesesuaian ruang perairan yang dapat dimanfaatkan budidaya rumput laut secara spasial menggunakan konsep evaluasi kesesuaian lahan. Konsep ini berdasarkan pada parameter fisika, kimia dan biologi perairan yang secara ekologis merupakan prasyarat kelayakan dalam budidaya rumput laut. Untuk itu digunakan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengetahui luas perairan yang sesuai untuk budidaya rumput laut di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo. Secara spasial, perairan Kabupaten Luwu dan Kota Palopo untuk pengembangan rumput laut *Eucheuma cottonii* dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu kelas sangat sesuai (S1), sesuai (S2) dan tidak sesuai (N).

Tabel 6. *Ecological footprint produksi rumput laut Eucheuma cottonii di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo.*

No	Tahun	Pembudidaya (Kapita)		Produksi (Ton/Tahun)		EF _P (Ton/Kapita)	
		Kab. Luwu	Kota Palopo	Kab. Luwu	Kota Palopo	Kab. Luwu	Kota Palopo
1	2008	3.456	1.543	174.875,44	2.195,51	50,6005	1,4229
2	2009	3.465	1.569	178.361,34	2.219,83	51,4751	1,4148
3	2010	3.473	1.578	183.202,80	2.227,04	52,7506	1,4113
4	2011	3.476	1.464	229.017,00	3.416,25	65,8852	2,3335
5	2012	3.476	1.479	256.257,85	6.416,00	73,7221	4,3381
6	2013	3.479	1.479	272.667,60	12.543,00	78,3753	8,4807
7	2014	3.480	1.407	356.385,50	3.112,31	102,4096	2,2120
Rata-rata		3.472	1.503	235.823,93	4.589,99	67,8883	3,0876

Gambar 4. *Ecological footprint produksi (EF_P) rumput laut Eucheuma cottonii di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo.*

Perhitungan *biocapacity* pada penelitian ini membagi menjadi *biocapacity parsial* (berdasarkan masing-masing kategori kelas S1 dan S2) serta *biocapacity total* (total luas lahan perairan dari kategori kelas S1 dan S2). Nilai *biocapacity* di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo juga dihitung untuk setiap musim yang berbeda, yaitu *biocapacity* pada musim peralihan 1 (bulan Mei 2015) dan *biocapacity* musim peralihan 2 (bulan September 2015).

3.5.1. *Biocapacity* Musim Peralihan Satu

Berdasarkan analisis pada *biocapacity parsial* di perairan Kabupaten Luwu pada musim peralihan 1 dengan kategori sangat sesuai (S1) sebesar 569.061,80 ton dan ka-

tegori sesuai (S2) sebesar 575.685,06 ton. *Biocapacity total* mencapai 1.144.746,86 ton yang artinya bahwa apabila dengan asumsi pemanfaatan seluruh lahan yang tersedia seluas 47.597,71 hektar, maka perairan tersebut mampu untuk menghasilkan produksi rumput laut sebanyak 1.144.746,86 ton/tahun.

Biocapacity parsial di perairan Kota Palopo pada musim peralihan 1 dengan kategori sangat sesuai (S1) 15.232,48 ton, sedangkan pada kategori perairan yang sesuai (S2) mampu memproduksi rumput laut sebanyak 41.017,09 ton. *Biocapacity total* di Kota Palopo sebesar 56.249,56 ton yang artinya bahwa apabila dengan asumsi pemanfaatan seluruh lahan yang tersedia seluas 5.448,60

hektar, maka perairan tersebut mampu untuk menghasilkan produksi rumput laut sebanyak 56.249,56 ton/tahun.

3.5.2. *Biocapacity* Musim Peralihan Dua

Berdasarkan analisis *biocapacity parsial* di perairan Kabupaten Luwu pada musim peralihan 2 dengan kategori sangat sesuai (S1) sebesar 387.802,62 ton dan kategori sesuai (S2) sebesar 867.751,21 ton. *Biocapacity total* mencapai 1.255.553,83 ton yang artinya bahwa apabila dengan asumsi pemanfaatan seluruh lahan yang tersedia seluas 52.204,98 hektar, maka perairan tersebut mampu untuk menghasilkan produksi rumput laut sebanyak 1.255.553,83 ton/tahun.

Biocapacity parsial di perairan Kota Palopo pada musim peralihan 2 dengan kategori sangat sesuai (S1) 0 ton, disebabkan kesesuaian lahan perairan dengan kategori sangat sesuai tidak ada (0 hektar), sedangkan pada kategori perairan yang sesuai (S2) mampu memproduksi rumput laut sebanyak 1,66 ton. *Biocapacity total* di Kota Palopo sebesar 1,66 ton yang artinya bahwa apabila dengan asumsi pemanfaatan seluruh lahan yang tersedia seluas 0,1608 hektar, maka perairan tersebut mampu untuk menghasilkan produksi rumput laut sebanyak 1,66 ton/tahun.

3.5.3. *Biocapacity* Gabungan Dua Musim

Berdasarkan analisis *biocapacity* gabungan 2 musim yang merupakan gabungan dari musim peralihan 1 dan peralihan 2 di perairan Kabupaten Luwu, maka didapatkan hasil bahwa perairan dengan kategori sangat sesuai (S1) sebesar 327.539,62 ton dan kategori sesuai (S2) sebesar 1.110.239,98 ton. Apabila dengan asumsi kategori S1 dan S2 digabungkan maka *Biocapacity total* mencapai 1.437.779,60 ton yang artinya bahwa apabila dengan asumsi pemanfaatan seluruh lahan yang tersedia seluas 59.781,79 hektar, maka perairan tersebut mampu untuk menghasilkan produksi rumput laut sebanyak 1.437.779,60 ton/tahun.

Biocapacity gabungan 2 musim di perairan Kota Palopo didapatkan hasil bahwa perairan dengan kategori sangat sesuai (S1) 0 ton, sedangkan pada kategori sesuai (S2) adalah 18.287,46 ton. Apabila dengan asumsi kategori S1 dan S2 digabungkan maka *Biocapacity total* di Kota Palopo mencapai sebesar 18.287,46 ton yang artinya bahwa apabila dengan asumsi pemanfaatan seluruh lahan yang tersedia seluas 1.771,41 hektar, maka perairan tersebut mampu untuk menghasilkan produksi rumput laut sebanyak 18.287,46 ton/tahun. Hasil analisis *biocapacity* ditampilkan pada Tabel 7 dan Gambar 5.

3.6. Daya Dukung Perairan

Daya dukung perairan merupakan kemampuan sebuah sistem untuk mendukung kegiatan pada tingkat tertentu (UNEP, 1999), dalam hal ini adalah kegiatan budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Dengan kata lain, daya dukung terkait dengan sistem wilayah pesisir yang memiliki batas-batas tertentu atau memiliki ambang batas terhadap suatu kegiatan (MacLeod and Cooper, 2005). Untuk mengetahui daya dukung suatu perairan, terdapat 3 komponen utama yang harus diketahui, yaitu: 1) berapa besar tingkat pemanfaatan perairan (dalam hal ini adalah *Ecological Footprint Produksi/EF_P*), 2) berapa besar ketersediaan ruang perairan (*Biocapacity/BC*) yang mampu untuk mendukung kegiatan tersebut, serta, 3) berapa banyak jumlah sumberdaya manusia (kapita) yang memungkinkan untuk memanfaatkan ketersediaan ruang perairan yang ada. Dengan membandingkan antara *Biocapacity* terhadap *Ecological Footprint* maka menghasilkan berapa besar daya dukung perairan.

3.6.1. Daya Dukung Musim Peralihan Satu

Berdasarkan hasil analisis daya dukung dengan pendekatan EF di Kabupaten Luwu pada musim peralihan 1 menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan perairan (*EF_P*) adalah 67,8883 ton/kapita (235.823,93 ton/tahun), sedangkan ketersediaan ruang per-

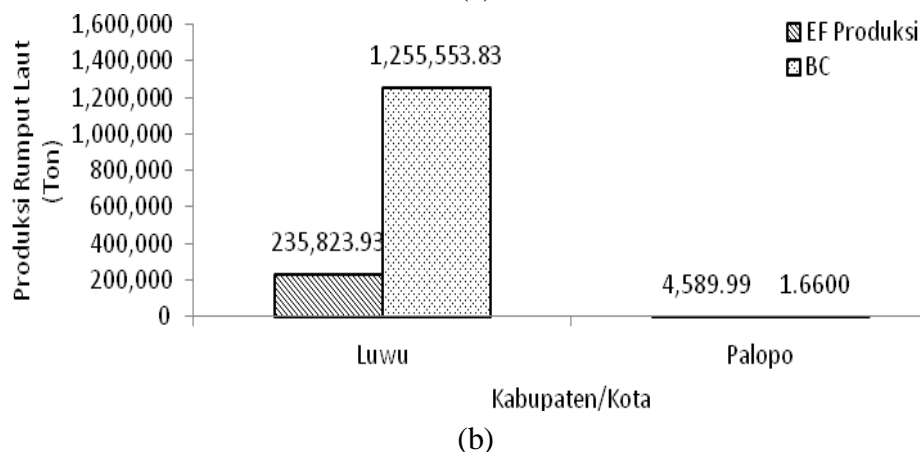
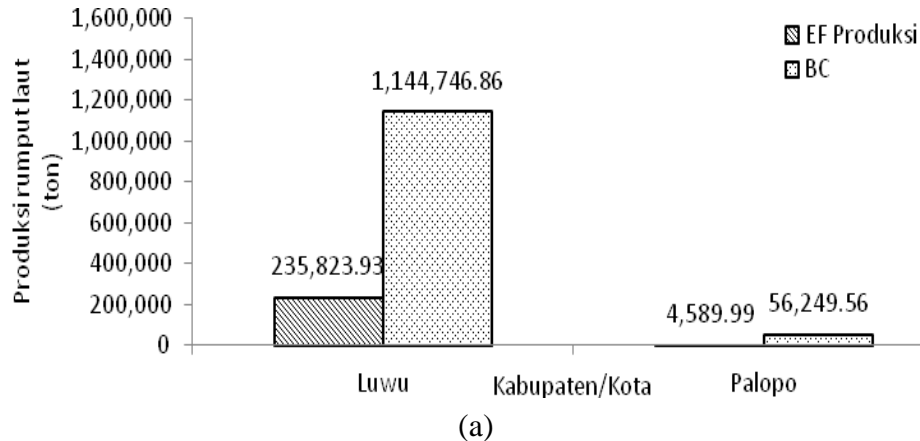
airan (*Biocapacity/BC*) adalah 47.597,71 hektar yang mampu untuk memproduksi rumput laut sebanyak 1.144.746,86 ton/tahun. Apabila menggunakan asumsi bahwa pemanfaatan seluruh ketersediaan lahan perairan yang ada (47.597,71 hektar), maka daya dukung jumlah sumberdaya manusia yang mungkin untuk dapat memanfaatkan lahan tersebut adalah 17.064 kapita.

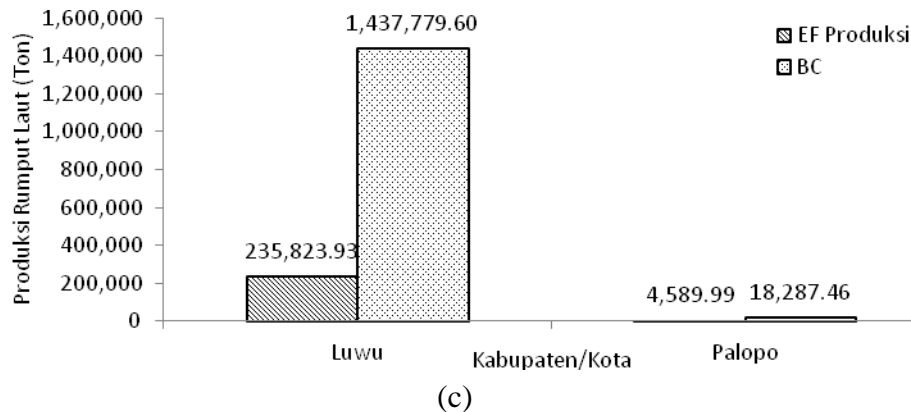
Hasil analisis daya dukung perairan di Kota Palopo pada musim peralihan 1 menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan perairan (EF_P) adalah 3.0876 ton/kapita (4.589,99 ton/tahun), sedangkan ketersediaan ruang perairan (*Biocapacity/BC*) adalah 5.448,60 hektar yang mampu untuk memproduksi rumput laut sebanyak 56.249,56 ton/tahun.

Tabel 7. *Biocapacity* perairan di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo.

Musim	Kabupaten Luwu				Kota Palopo			
	Produksi (Ton) ¹	BC Parsial (Ton)		BC Total (Ton)	Produksi (Ton) ¹	BC Parsial (Ton)		BC Total (Ton)
		S1	S2			S1	S2	
Peralihan 1	235.823	569.061,80	575.685,06	1.144.746,86	4.589,99	15.232,48	41.017,09	56.249,56
Peralihan 2	,93	387.802,62	867.751,21	1.255.553,83		0	1,66	1,66
Total 2 musim		32.539,62	1.110.239,98	1.437.779,60		0	18.287,46	18.287,46

¹Rata-rata produksi eksisting per tahun (2008 – 2014).





Gambar 5. Perbandingan *ecological footprint produksi* (EFP) dengan *biocapacity* (BC) rumput laut *Eucheuma cottonii*, a). musim peralihan 1, b). musim peralihan 2, c). total 2 musim.

Apabila menggunakan asumsi bahwa pemanfaatan seluruh ketersediaan lahan perairan yang ada (5.448,60 hektar), maka daya dukung jumlah sumberdaya manusia yang mungkin untuk dapat memanfaatkan lahan tersebut adalah 1.954 kapita.

3.6.2. Daya Dukung Musim Peralihan Dua

Berdasarkan hasil analisis daya dukung dengan pendekatan EF di Kabupaten Luwu pada musim peralihan 2 menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan perairan (EFP) adalah 67,8883 ton/kapita (235.823,93 ton/tahun), sedangkan ketersediaan ruang perairan (*Biocapacity/BC*) adalah 52.204,98 hektar yang mampu untuk memproduksi rumput laut sebanyak 1.255.553,83 ton/tahun. Apabila menggunakan asumsi bahwa pemanfaatan seluruh ketersediaan lahan perairan yang ada (52.204,98 hektar), maka daya dukung jumlah sumberdaya manusia yang mungkin untuk dapat memanfaatkan lahan tersebut adalah 18.716 kapita.

Daya dukung perairan di Kota Palopo pada musim peralihan 2 menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan perairan (EFP) adalah 3,0876 ton/kapita (4.589,99 ton/tahun), sedangkan ketersediaan ruang perairan (*Biocapacity/BC*) adalah 0,1608 hektar yang mampu untuk memproduksi rumput laut sebanyak 1,66 ton/tahun. Apabila menggu-

nakan asumsi bahwa pemanfaatan seluruh ketersediaan lahan perairan yang ada (0,1608 hektar), maka daya dukung jumlah sumberdaya manusia yang mungkin untuk dapat memanfaatkan lahan tersebut adalah 0,60 kapita, atau setara dengan 1 kapita.

3.6.3. Daya Dukung Total Dua Musim

Berdasarkan hasil analisis daya dukung perairan total 2 musim di Kabupaten Luwu menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan perairan (EFP) adalah 67.8883 ton/kapita (235.823,93 ton/tahun), sedangkan ketersediaan ruang perairan (*Biocapacity/BC*) adalah 59.781,79 hektar yang mampu untuk memproduksi rumput laut sebanyak 1.437.779,60 ton/tahun. Apabila menggunakan asumsi bahwa pemanfaatan seluruh ketersediaan lahan perairan yang ada (59.781,79 hektar), maka daya dukung jumlah sumberdaya manusia yang mungkin untuk dapat memanfaatkan lahan tersebut adalah 21.432 kapita.

Daya dukung perairan total 2 musim di Kota Palopo menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan perairan (EFP) adalah 3.0876 ton/kapita (4.589,99 ton/tahun), sedangkan ketersediaan ruang perairan (*Biocapacity/BC*) adalah 1.771,41 hektar yang mampu untuk memproduksi rumput laut sebanyak 18.287,46 ton/tahun. Apabila menggunakan asumsi bahwa pemanfaatan seluruh keterse-

diaan lahan perairan yang ada (1.771,41 hektar), maka daya dukung jumlah sumber-daya manusia yang mungkin untuk dapat memanfaatkan lahan tersebut adalah 635 kapita. Hasil analisis daya dukung perairan disajikan pada Tabel 8.

3.7. Status Ekologi

Status ekologi mencerminkan apakah tingkat pemanfaatan perairan melebihi dari kemampuan suatu perairan untuk mendukung kegiatan tersebut dan atau sebaliknya. Apabila tingkat pemanfaatan ruang perairan melebihi kemampuan ketersediaan lahan, maka status ekologi mengalami *overshoot*. Apabila tingkat pemanfaatan perairan lebih kecil daripada kemampuan ketersediaan lahan, maka status ekologi tersebut *surplus*. Status ekologi dinyatakan sebagai perbedaan antara *Biocapacity* dan *Ecological Footprint*.

Menurut Rees (1996) menyatakan bahwa status *overshoot* apabila $BC < EF$, sedangkan *surplus* ekologi apabila $BC > EF$. Dengan mengetahui status ekologi tersebut akan dapat memberikan pendugaan suatu wilayah apakah dalam pengelolaan sumber-daya tersebut berkelanjutan atau tidak. Berdasarkan hasil analisis tingkat pemanfaatan ruang perairan (EFP) serta ketersediaan kemampuan ruang perairan (BC) pada musim peralihan 1, maka status ekologi di Kabupaten Luwu mengalami *surplus*

ekologi ($BC > EFP$, atau 1.144.746,86 ton/tahun $> 67,88$ ton/kapita/tahun atau setara dengan 235.823,93 ton/tahun), begitu juga dengan status ekologi di Kota Palopo mengalami *surplus* ekologi ($BC > EFP$, atau 56.249,56 ton/tahun $> 3,08$ ton/kapita/tahun atau setara dengan 4.589,99 ton/tahun).

Berdasarkan hasil analisis tingkat pemanfaatan ruang perairan (EFP) serta ketersediaan kemampuan ruang perairan (BC) pada musim peralihan 2, maka status ekologi di Kabupaten Luwu mengalami *surplus* ekologi ($BC > EFP$, atau 1.255.553,83 ton/tahun $> 67,88$ ton/kapita/tahun atau setara dengan 235.823,93 ton/tahun, sedangkan di Kota Palopo mengalami *overshoot* ($BC < EFP$, atau 1,66 ton/tahun $< 3,08$ ton/kapita/tahun atau setara dengan 4.589,99 ton/tahun).

Hasil analisis tingkat pemanfaatan ruang perairan (EFP) serta ketersediaan kemampuan ruang perairan (BC) total 2 musim, didapatkan bahwa status ekologi di Kabupaten Luwu secara umum mengalami *surplus* ekologi ($BC > EFP$, dimana 1.437.779,60 ton/tahun $> 67,88$ ton/kapita/tahun atau setara dengan 235.823,93 ton/tahun). Begitu juga dengan status ekologi di Kota Palopo secara umum mengalami *surplus* ekologi ($BC > EFP$, dimana 18.287,46 ton/tahun $> 3,08$ ton/kapita/tahun atau setara dengan 4.589,99 ton/tahun).

Tabel 8. Daya dukung perairan untuk rumput laut *Eucheuma cottonii* di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo.

Musim	Kabupaten Luwu			Kota Palpo		
	EFP (Ton/Kapita)	BC (Ton)	Daya Dukung (Kapita)	EFP (Ton/Kapita)	BC (Ton)	Daya Dukung (Kapita)
Peralihan 1		1.144.746,86	17.064		56.249,56	1.954
Peralihan 2	67,8883	1.255.553,83	18.716	3,0876	1,66	0,60 \approx 1
Total 2 musim		1.437.779,60	21.432		18.287,46	635

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis daya dukung perairan pada setiap musim serta gabungan dua musim yang menggambarkan representatif daya dukung perairan selama 1 tahun di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo, maka dapat dijadikan acuan dan pertimbangan ilmiah untuk pengambilan kebijakan dalam pengelolaan dan pengembangan usaha budidaya rumput laut di kedua wilayah tersebut. Dengan mempertimbangkan potensi tersebut, maka usaha budidaya rumput laut diharapkan menghasilkan produksi yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah memfasilitasi penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros, Sulawesi Selatan yang telah membantu analisis laboratorium kualitas air. Terima kasih juga kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Luwu dan Kota Palopo, Sulawesi Selatan yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adipu, Y., C. Lumenta, E. Kaligis, dan H.J. Sinjal. 2013. Kesesuaian lahan budidaya laut di perairan Kabupaten Boolelang Mongondow Selatan, Sulawesi Utara. *J. Perikanan dan Kelautan Tropis*, 9(1):19-26.
- Adrianto, L. 2010. Fishery resources appropriation as sustainability indicator: An ecological footprint approach. Bogor. PKSPL IPB. 2hlm.
- ASEAN Marine Water Quality (AMWQ). 2008. Management guidelines and nonitoring manual. Jakarta. The ASEAN Secretariat. 146p.
- Anonim. 2002. Modul sosialisasi dan orientasi penataan ruang, laut, pesisir dan pulau-pulau kecil. Jakarta. Ditjen Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Direktorat Tata Ruang Laut, Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. 11hlm.
- Arianti, R.W., L. Sya'rani, dan E. Arini. 2007. Analisis kesesuaian perairan pulau karimunjawa dan pulau kemujan sebagai lahan budidaya rumput laut menggunakan Sistem Informasi Geografis. *J. Pasir Laut*, 3(1):27-45.
- Aslan, L.M. 1998. Budidaya rumput laut. Kanisius. Yogyakarta. 114hlm.
- Bala, B.K. and Md.A. Hossain. 2009. Integrated management of coastal zone for food security. Final Report. Bangladesh. Department of Farm Power and Machinery, Bangladesh Agricultural University. 19p.
- Bastianoni, S., V. Niccolucci, E. Neri, G. Cranston, A. Galli, and M. Wackernagel. 2013. Sustainable Development: Ecological Footprint in Accounting. In Encyclopedia of Environmental Management. New York: Taylor and Francis, 2467-2481pp.
- Dahuri, R.1998. The application of carrying capacity concept for sustainable coastal resources development in Indonesia. *J. Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan Indonesia*, 1(1):22-31.
- Ding, L., Y. Ma, B. Huang, and S. Chen. 2013. Effects of seawater salinity and temperature on growth and pigment contents in *Hypnea cervicornis* J. agardh (Gigartinales, Rhodophyta). (Lin H, Ed). Hindawi Publishing Corporation. *J. BioMed Research International*, 2013: 1-10.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Luwu (DKP). 2015. Laporan tahunan perikanan Kabupaten Luwu Tahun 2010-2014. Belopa. DKP Kab. Luwu. 31hlm.

- Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Palopo (DKP). 2015. Laporan tahunan DKP Kota Palopo Tahun 2010-2014. Palopo. DKP Kota Palopo. 42hlm.
- Ewing, B., A. Reed, A. Galli, J. Kitzes, and M. Wackernagel. 2010. Calculation methodology for the national footprint Accounts. 2010 Edition. Oakland: Global Footprint Network. 3p.
- Gazali, I. 2013. Evaluasi dampak pembuangan limbah cair pabrik kertas terhadap kualitas air Sungai Klintar Kabupaten Nganjuk. *J. Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2):1-8.
- Glenn, E.P. and M.S. Doty. 1981. Photosynthesis and respiration of the tropical red seaweeds, *Eucheuma striatum* (Tambalang and Elkhorn varieties) and *E. denticulatum*. *J. Aquatic Botany*, 10:353-364.
- Harrison, P.J. and C.L. Hurd. 2001. Nutrient physiology of seaweeds: Application of concepts to aquaculture. *J. Cahiers de Biologie Marine*, 42:71-82.
- Hayashi, L., G.S.M. Faria, B.G. Nunes, C.S. Zitta, L.A. Scariot, T. Rover, M.R.L. Felix, and Z.L. Bouzon. 2010. Effects of salinity on the growth rate, carrageenan yield, and cellular structure of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) cultured in vitro. *J. Appl Phycol*, 23(3):439-447.
- Hurd, C.L., P.J. Harrison, K. Bischof, and C.S. Lobban. 2014. Seaweed ecology and physiology. 2nd ed. Cambridge. Cambridge University Press. 238-349pp.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 1988. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. Jakarta. 21hlm.
- Mairh, O.P., S.T. Zodape, A. Tewari, and M.R. Rajyaguru. 1995. Culture of marine red alga *Kappaphycus Striatum* (Schmitz) Doty on the Saurashtra Region, West Coast of India. *Indian. J. Mar Sci.*, 24:24-31.
- MacLeod, M. and J.A.G. Cooper. 2005. Carrying capacity in coastal areas. *Encyclopedia of coastal science*. Springer. Schwartz M. 226p.
- Mitigating Impact from Aquaculture in the Philippines. 2006. Water quality criteria and standards for freshwater and marine aquaculture. <URL:http://www.aquaculture.asia/files/PMNQ%20WQ%20standard%202.pdf. [Accessed 20 December 2015].
- Prahasta, E. 2002. Konsep-konsep dasar sistem Informasi Geografis. Bandung. CV Informatika. 57Hlm.
- Prema, D. 2013. Site selection and water quality in mariculture: CMFRI manual customized training book. Karala. Central Marine Fisheries Research Institute. 36-39pp.
- Radiarta, I., S.E. Wardoyo, B. Priyono, dan O. Praseno. 2003. Aplikasi sistem informasi geografis untuk penentuan lokasi pengembangan budidaya laut di Teluk Ekas, Nusa Tenggara Barat. *J. Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(1):67-71.
- Redmond, S., L. Green, C. Yarish, J. Kim, and C. Neefus. 2014. New England seaweed culture handbook-nursery systems. Connecticut Sea Grant CTSG -14-01: 92.
- Rees, W.E. 1996. Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. *J. Population and Environment*, (17):195-215.
- Setiyanto, D., I. Efendi, dan K.J. Antara. 2008. Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* var Maumare, var Sacol dan *Eucheuma cottonii* di Perairan Musi Buleleng. *J. Ilmu Kelautan*, 13(3): 171-176.
- Tee, M.Z., Y.S. Yong, K.F. Rodrigues, and W.T.L. Yong. 2015. Growth rate analysis and protein identification of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) under pH induced stress

- culture. *J. Aquaculture Reports*, 2:112-116.
- United Nations Environment Programme (UNEP). 1999. Carrying capacity assessment for tourism development. Coastal Area Management Programme (CAMP). FUKAMATROUH. Egypt. 4p.
- Yong, W.T.L., S.H. Ting, Y.S. Yong, V.Y. Thien, S.H. Wong, W.L. Chin, K.F. Rodrigues, and A. Anton. 2013. Optimization of culture conditions for the direct regeneration of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae). *J. Appl Phycol*, 25(5), DOI 10.1007.
- Yonvitner, S.B. Susilo, G. Rakasiwi, dan A.A. Taurusman. 2007. Daya dukung pulau-pulau kecil dengan pendekatan ecological footprint : Kasus di Pulau Wetar. Bogor. PKSPL IPB. 12hlm.
- Yulianto, B., Raden, A., dan T. Agung. 2006. Daya serap rumput laut (*Gracilaria* sp.) terhadap logam berat tembaga (Cu) sebagai biofilter. *J. Kelautan*, 11(2): 72-78.
- Diterima* : 4 Maret 2016
Direview : 7 Juni 2016
Disetujui : 10 Agustus 2016